



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

공학석사 학위논문

Home환경에서의 Mesh AP 최적 배치 기법

Optimal Placement of Mesh APs in Home
Environment

2019년 8월

서울대학교 대학원

전기정보공학부

장민석

Home환경에서의 Mesh AP 최적 배치 기법

Optimal Placement of Mesh APs in Home
Environment

지도교수 최 성 현

이 논문을 공학석사 학위논문으로 제출함
2019년 8월

서울대학교 대학원
전기정보공학부
장 민 석

장민석의 공학석사 학위논문을 인준함
2019년 8월

위 원 장 박 세 웅 (인)

부위원장 최 성 현 (인)

위 원 임 종 한 (인)

초 록

본 논문에서는 Home환경에서의 Mesh AP의 최적 배치 기법에 대한 내용을 다룬다. 기존에 제안된 Mesh AP 배치 기법들의 경우 사용자의 위치나 트래픽 패턴을 고려하지 않고 배치 위치를 선정하였으므로, 배치기법에서 산출된 최적 배치 위치와 실제 최적 배치 위치와의 차이가 발생하였다. 또한 기존에 제안되어왔던 배치 방법의 경우에 오피스 환경을 주로 고려하였으며 가정환경은 고려하지 않았다. 따라서 본 논문에서는 가정환경에서 사용자의 위치정보 및 트래픽 패턴을 고려하여 좀 더 실제 환경에 맞도록 MATLAB 및 ns-3 시뮬레이션을 통해 단계적으로 최적 Mesh AP 배치 위치를 산출하는 기법을 제안한다.

주요어 : Mesh AP, AP 최적 배치, Home 환경

학 번 : 2017-26301

목 차

초	록	.....	i
제 1	장 서	론	..... 1
제 2	장	Mesh AP 기초 지식과 최적 배치의 필요성	..... 2
제 1	절	Mesh AP 기초 지식	..... 2
제 2	절	Mesh AP 배치 기법의 필요성	..... 2
제 3	장	Home 환경에서의 Mesh AP 최적 배치 기법	..... 4
제 1	절	WiFi dead-zone을 제거하도록 Mesh AP 배치	..... 4
제 2	절	최소 요구 조건을 고려한 Mesh AP 배치	..... 9
제 3	절	네트워크 품질을 최대화하는 Mesh AP 배치	..... 11
제 4	장	Mesh AP 배치 기법 검증	..... 12
제 5	장	결	론 14

그림 목차

그림 1. Mesh AP를 구성하는 요소 및 개념	2
그림 2. 실험 Topology	3
그림 3. MAP 설치 위치에 따른 Total Throughput	3
그림 4. 가정 환경 예시	5
그림 5. MAP의 설치 가능 장소	5
그림 6. 그림 5와 같이 MPP를 설치하였을 때 MATLAB 시뮬레이션 결과	6
그림 7. WiFi dead-zone을 없앨 수 있는 MAP 설치 위치	7
그림 8. 그림 6에서 6번 위치에 MAP를 배치하였을 때의 결과..	7
그림 9. 사용자의 위치정보와 움직임.....	8
그림 10. 사용자의 위치정보를 고려한 MAP 배치 위치.....	8
그림 11. 사용자의 위치와 그 위치에서의 트래픽 패턴 예시.....	9
그림 12. 사용자의 최소 요구 조건을 고려한 최적 MAP 배치 위치	10
그림 13. 네트워크 품질을 최대화할 때의 최적 MAP 배치 위치	11
그림 14. 위치별 Average bitrate	12
그림 15. 위치별 Resolution 정보.....	12
그림 16. 전체 네트워크의 Average bitrate.....	13

제 1 장 서 론

최근 가정 환경에서 사용하는 IoT기기들이 많아지고 있고, 점차적으로 많은 사람들이 Netflix, YouTube 등 동영상 서비스 업체에서 제공하는 고화질 스트리밍 영상을 감상함에 따라, 더 이상 가정환경에서 AP 하나로 집안 전체를 커버하지 못함과 동시에 요구하는 네트워크 품질을 보장하기 어려워졌다.

이를 해결하기 위하여 점차적으로 가정환경에서 단독으로 AP 한대만을 설치하는 것이 아니라 여러 대의 AP를 설치하고 이를 무선의 형태로 연결시켜 Mesh AP로 활용하는 움직임이 점점 늘어나고 있다. 그리고 이러한 Mesh AP를 잘 배치하는 것으로 WiFi 커버리지를 넓히고, 전반적으로 네트워크 품질을 개선하고자 하는 연구가 진행되며 여러가지 배치 기법이 제안되었다. 하지만 현재까지 Mesh AP의 최적 배치를 위한 기법들은 사용자의 트래픽 패턴을 고려하지 않았으며 상정하고 있는 환경 또한 오피스 환경에 한정적이었기 때문에 벽으로 많은 공간이 나뉘어진 가정환경에 적합하지 않은 문제가 있었다.

따라서 본 논문에서는 사용자의 위치정보와 그에 해당하는 트래픽 패턴이 있을 때 가정환경에서 Mesh AP를 단계적으로 MATLAB 및 ns-3 시뮬레이션을 이용하여 최적 배치하는 기법을 제안하고자 한다.

제 2 장 Mesh AP 기초 지식과 최적 배치의 필요성

제 1 절 Mesh AP 기초 지식

Mesh AP란 AP끼리의 연결이 유선으로 이루어진 기존 AP와는 다르게, 무선으로 이루어진 AP를 말한다. Mesh AP는 크게 3가지 요소로 구성되는데, 외부 인터넷과 연결된 AP인 Mesh Portal Point (MPP)가 있으며, Station과 Network와의 연결을 담당하는 Mesh Access Point (MAP), 그리고 오로지 Mesh Network에서 Mesh AP끼리의 연결을 담당하는 Mesh Point (MP)가 있다 [1]. MP의 경우 MAP로 그 기능을 충분히 대체할 수 있기 때문에, 본 논문에서는 다루지 않도록 한다.

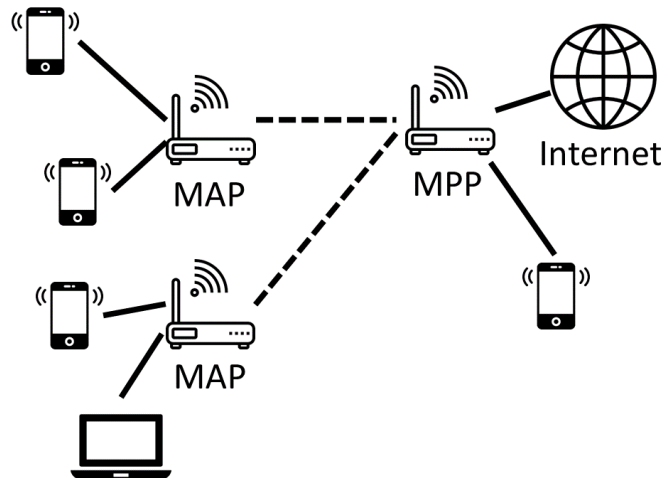


그림 1. Mesh AP를 구성하는 요소 및 개념

제 2 절 Mesh AP 배치 기법의 필요성

실제 환경에서 Mesh AP의 배치에 따라 네트워크 성능에 영향에 발생할 수 있는데, 이를 간단한 실험을 진행하여 확인하였다. 이 실험은 그림2와 같은 구조에서 했으며, 실험 설계는 다음과 같다. 그림2와 같이 MPP가 고정되어 있을 때 MAP의 위치를 변경해가며 MAP에 연결된 STA1과 STA2가 Saturated Downlink Traffic이 전송될 때의 상황을 나타낸 것이고, 그림 3은 MAP에 위치에 따라 두 STA에서 측정되는

전체 Throughput을 나타낸 것이다. 그림 3에서 볼 수 있듯이 MAP의 설치 위치에 따라 전체 Throughput이 최소 8 Mbps에서 최대 16 Mbps까지 변화하는 것을 확인할 수 있다. 따라서 Mesh AP의 배치가 전체적인 네트워크 성능에 영향을 줄 수 있고, 이러한 Mesh AP를 잘 배치한다면 보다 나은 네트워크 성능을 얻을 수 있음을 알 수 있다.

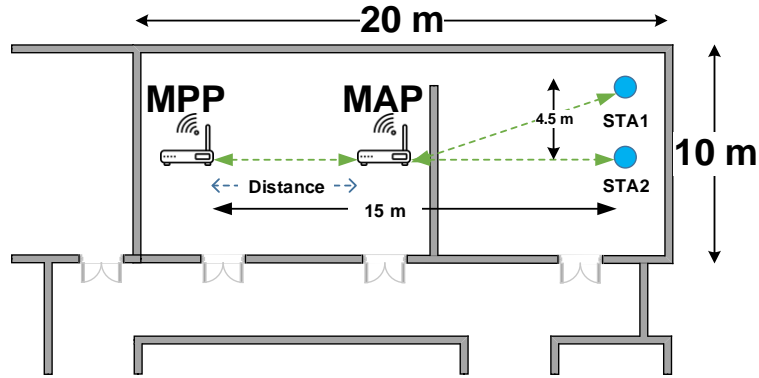


그림 2. 실험 Topology

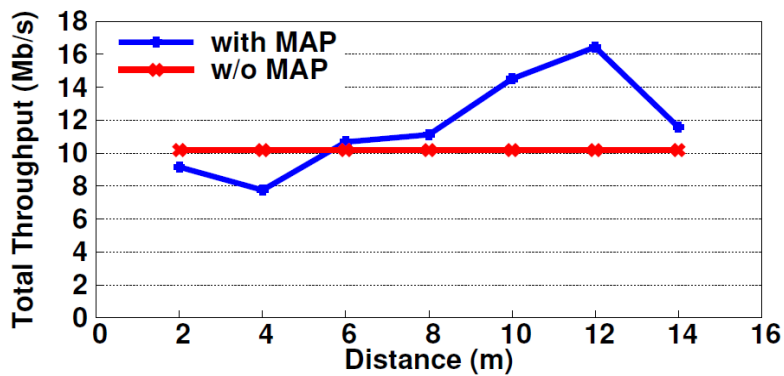


그림 3. MAP 설치 위치에 따른 Total Throughput

제 3 장 Home 환경에서의 Mesh AP 최적 배치 기법

앞서 제 2장에서 Mesh AP가 무엇인지, 그리고 Mesh AP를 왜 잘 배치해야 하는 것에 대한 이유를 간략한 실험을 통하여 알아보았다. 이번 장에서는 Home 환경에서의 최적 Mesh AP에 대한 내용을 다룬다. Mesh AP 최적 배치 과정은 크게 3단계 과정을 통해 이루어진다. 우선 MATLAB 시뮬레이션을 통하여 처음 WiFi dead-zone을 없애는 MAP 배치 위치 후보를 선정한다. 그 후 선정된 위치 후보를 통하여 AP를 실제환경에 배치 후 사용자의 위치 패턴을 파악 후 다시 MATLAB 시뮬레이션을 통해 최적 배치 위치 조합을 선정한다. 그 다음 앞서 얻어진 후보군에 대하여 각 MAP 배치 위치에 대하여 각 위치에 MAP를 배치하였을 때 사용자의 최소 요구 조건을 만족하는지 여부를 ns-3 시뮬레이터를 이용하여 검증하며 만족되지 않는 설치 위치는 제외한다. 그 후 최종적으로 선정된 위치 조합들에 대하여 네트워크 품질을 측정하고 이를 최대화하는 위치 조합을 선정하고 그 위치로 최종적으로 실제 환경에서 배치한다.

제 1 절 WiFi dead-zone을 제거하도록 Mesh AP 배치

특정 환경에서 AP를 배치하고자 할 때, 우선 어떠한 공간에서 사용자가 WiFi 연결을 필요로 할 지 알 수 없기 때문에, 사용자가 이용할 수 있는 전체 공간에서 WiFi 연결을 보장할 필요가 있다. 따라서 MAP를 배치함에 있어, 우선적으로 WiFi dead-zone을 제거하도록 배치한다. 이 WiFi dead-zone을 제거하는 과정을 예시로 들어 설명한다. 그림 4는 가로 18.9 m, 세로 22.8 m인 가정 환경을 예시로 나타낸 것이다. 가정 환경의 경우 이더넷 포트가 있는 공간이 한정되어 있고, 또한 전원을 공급하는 콘센트의 위치도 정해져 있다. 이를 그림 5에 이더넷 포트가 위치하는 곳을 P라고 표시한 사각형 도형으로, 콘센트의 위치를 번호를 표시한 사각형 도형으로 나타냈다. 위 경우 이더넷 포트를 설치할 수 있는 위치가 외부 인터넷과 연결되는 MPP의 설치 위치가 되며 전원 콘센트의 위치는 MAP의 설치 가능 위치가 된다. 위 사실을 고려하여 MPP를 우선 사용자가 설치한다. 그

후 MPP의 설치 위치가 정해졌다면, MATLAB 시뮬레이션을 통해 MPP의 전송 파워를 고려하여 전체 공간에 대해서 WiFi dead-zone이 발생하는지 확인한다. 이 때 특정 위치가 WiFi dead-zone인지의 여부는 그 위치에서 측정되는 WiFi 신호의 Received Signal Strength (RSS)값을 기준으로 판단하였다. 이 예시에서는 -92 dBm을 기준으로 삼았다. 이 때 사용한 MATLAB 시뮬레이션에서의 WiFi 채널 모델은 실내환경 뿐만 아니라 다양한 환경에서의 WiFi 채널을 가정한 Winner 2 모델을 이용하였다 [2, 3].

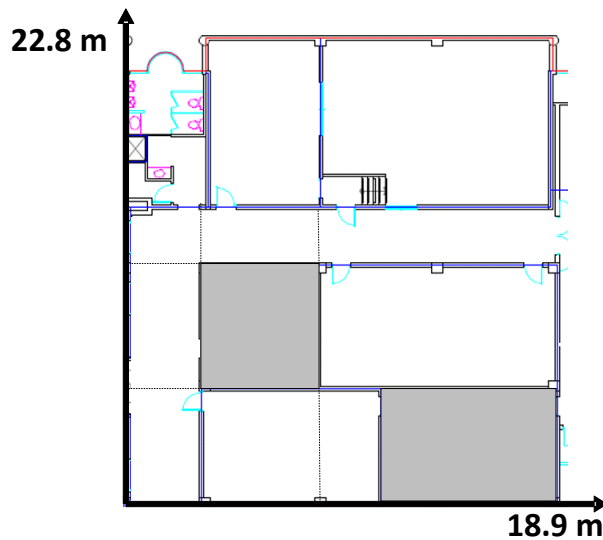


그림 4. 가정 환경 예시

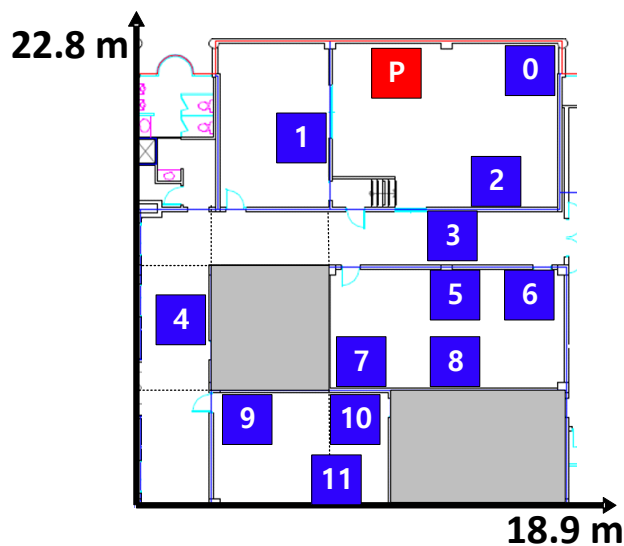


그림 5. MAP의 설치 가능 장소

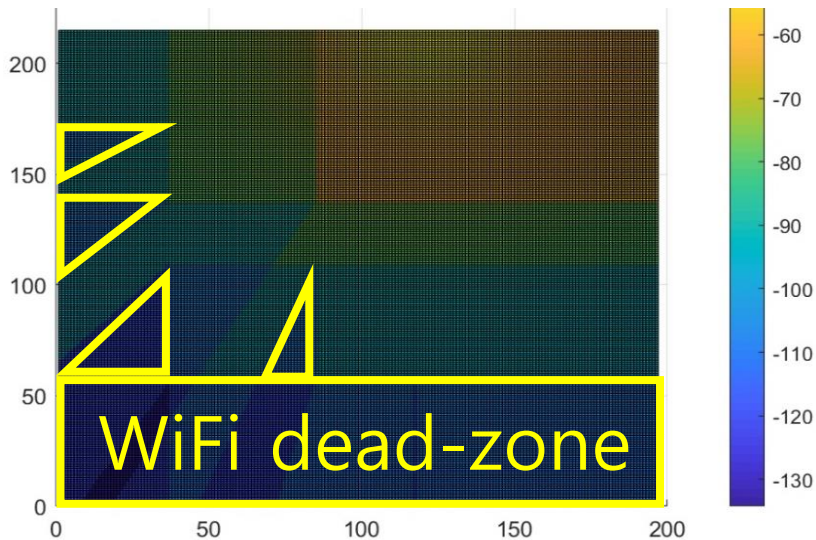


그림 6. 그림 5와 같이 MPP를 설치하였을 때 MATLAB 시뮬레이션 결과

그림 6은 그림 5와 같이 P라고 표시된 위치에 MPP를 설치하였을 때 MATLAB 시뮬레이션을 이용하여 WiFi dead-zone을 찾아본 결과를 나타낸 것이다. 표시한 영역과 같이 MPP만을 설치하였을 때에는 특정 영역에 WiFi dead-zone이 발생하는 것을 확인할 수 있다. 따라서, 이러한 WiFi dead-zone을 제거하기 위하여 MAP를 추가적으로 배치할 필요성이 있다. MAP의 설치 가능 위치는 앞서 그림 5에서 나타낸 번호가 표시된 사각형 도형 위치에 해당한다. 이 때 AP는 배치할 때마다 설치 비용이 추가적으로 들기 때문에 그 비용을 최소화하기 위하여 가능하면 적은 AP를 사용할 필요가 있다. 따라서 MAP 설치 개수를 최소화하기 위하여, 우선 추가 MAP 1대부터 각 설치 가능한 장소에 MATLAB 시뮬레이션을 이용하여 가상적으로 배치하고 WiFi dead-zone이 발생하는지를 검증한다. 만약 어떠한 경우에도 문제 상황이 해결되지 않는다면 MAP 설치 대수를 증가시켜서 위 작업을 반복한다. 그림 7은 MATLAB 시뮬레이션을 통해 MAP 설치 가능 위치 중 1대의 MAP를 배치한다고 가정할 때 WiFi dead-zone을 없앨 수 있는 위치를 표시한 것이며, MAP 1대를 5~8번 위치에 설치하였을 때 전체 공간에서 WiFi dead-zone이 없어진다는 것을 나타낸 것이다. 그림 8은 그림 7에서 6번 위치에 MAP를 배치하였을 때의 RSS 결과를 나타낸 것으로

WiFi dead-zone이 발생하지 않는 것을 확인할 수 있다.

실제 가정 환경에서 사용자가 그림4에 나타난 전체 공간을 모두 사용하지 않을 수 있다. 예를 들면 특정 위치는 화장실 혹은 창고로 사용해서 사용자가 그 위치에서는 WiFi 연결을 전혀 이용하지 않을 수 있다. 따라서, 앞서 MAP를 추가적으로 배치하여 WiFi dead-zone을 제거하는 과정에서 유저의 WiFi 연결 사용 위치 정보를 확보할 수 있다면, 이를 고려하여 고려해야하는 영역을 줄일 수 있다. 그림 9는 그러한 사용자의 위치정보와 움직임을 한 예시로 나타낸 것이며, 총 3개의 사용자의 움직임을 나타낸다. 앞선 과정에서 얻은 그림 9의 정보를 고려한다면, 실제 사용자는 상단 부분과 우측 하단부분에서 WiFi를 사용할 가능성이 없기 때문에, 그러한 영역을 배제하고 다시 WiFi dead-zone을 제거하는 작업을 수행할 수 있다.

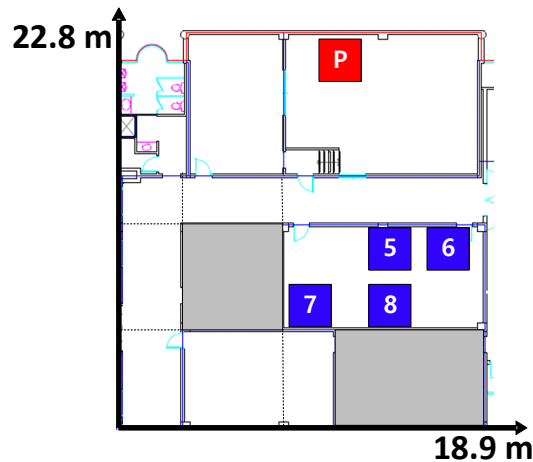


그림 7. WiFi dead-zone을 없앨 수 있는 MAP 설치 위치

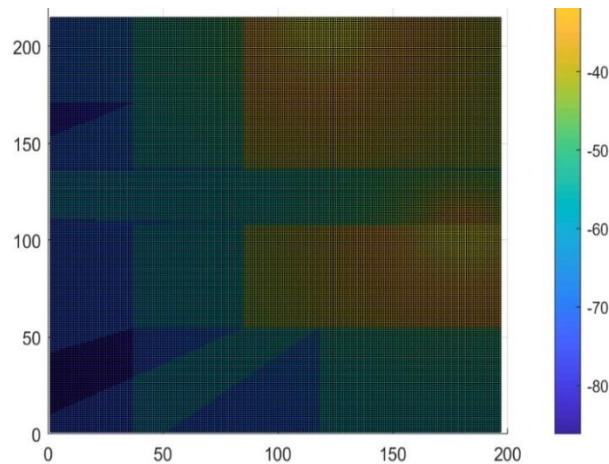


그림 8. 그림 7에서 6번 위치에 MAP를 배치하였을 때의 결과

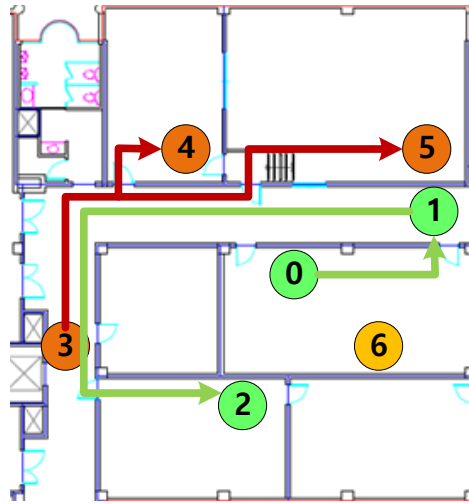


그림 9. 사용자의 위치정보와 움직임

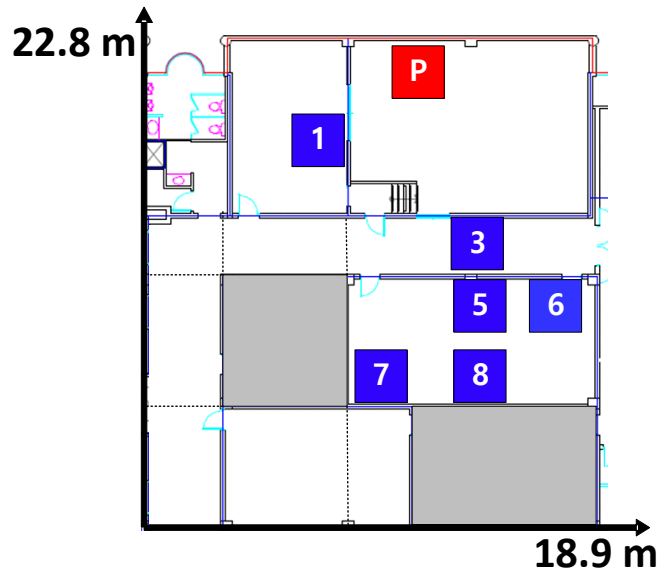


그림 10. 사용자의 위치정보를 고려한 MAP 배치 위치.

그림 10은 사용자의 WiFi 연결 사용 위치 정보를 고려하여 앞서 행해졌던 WiFi dead-zone을 제거하도록 시뮬레이션을 진행한 결과를 나타낸 것으로 그림 7의 결과와는 달리 1번 3번 MAP 설치 위치가 추가되었음을 볼 수 있다.

제 2 절 최소 요구 조건을 고려한 Mesh AP 배치

앞서 제1절에서 WiFi dead-zone을 없애도록 MAP를 배치하는 방법에 대해 알아보았다. 그러나 실제 상황에서는 사용자가 특정 조건을 만족하기를 원할 수 있다. 예를 들면 특정 스마트폰을 이용하여 스트리밍 서비스를 통하여 영상물을 시청한다고 했을 때, 그 스마트폰의 액정화면이 기본적으로 Full HD를 지원한다면, 사용자는 Full HD 영상을 보기를 원할 것이다. 이 절에서는 이러한 최소한의 요구 조건이 있는 상황을 고려하여 MAP 배치를 하는 방법에 대해 다루도록 한다.

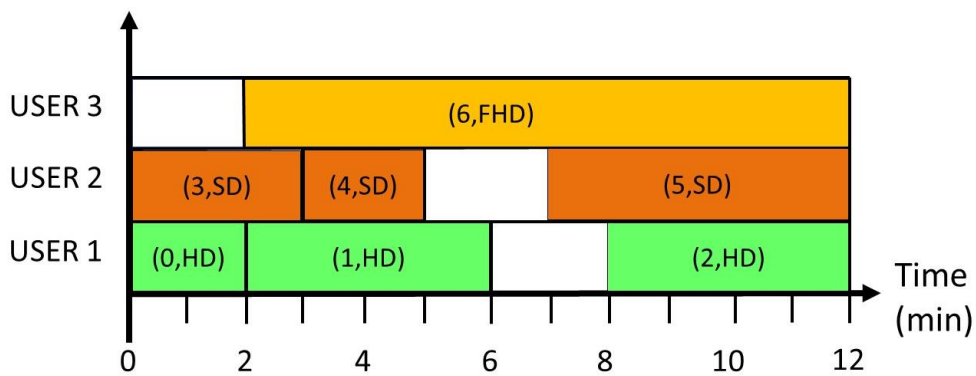


그림 11. 사용자의 위치와 그 위치에서의 트래픽 패턴 예시

그림 11은 그림 9에 나타난 사용자의 위치에서 어떤 사용자가 얼마동안 비디오 트래픽을 발생시키는지, 그리고 그 사용자가 최저로 원하는 해상도의 정보가 추가된 예시이다. 그림 11에 따르면 USER 1은 그림 9의 0번 위치에서 2분간 동영상 시청하는데 HD 영상을 시청하기를 원한다. 그 후 1번 위치로 이동하여 4분간 영상을 시청하며, 그 이후 2분은 어떠한 작업도 하지 않다가 2번 위치로 이동하여 4분동안 HD 영상을 시청한다. 이와 같이, 실제 환경에서는 사용자가 특정 조건을 만족하도록 요구할 수 있는데, 이러한 조건을 만족하도록 MAP를 배치할 필요가 있다. 이를 그림 11에 나타낸 예시 사용자 트래픽 패턴을 통하여 설명하고자 한다.

위 과정을 설명하면 다음과 같다. 앞서 WiFi dead-zone을 없앨 수 있는 최적 MAP 배치 위치를 찾아 냈다. 여기서 그 최적 MAP 배치 위치를 이용하여 ns-3 네트워크 시뮬레이터를 통하여 MAP가 해당 위치에 설치되었을 때, 수신되는 비디오 데이터의 해상도가 유저가

요구하는 해상도를 만족하는지를 확인한다. 만약 특정 위치에 설치할 때 사용자가 원하는 최저 조건을 만족하지 못한다면 그 위치는 MAP 배치 가능 위치에서 제외한다. 이 과정을 앞서 제1절에서 구한 모든 MAP 설치 위치에 대해 진행한다. 만약 어떠한 경우에도 사용자의 최소 요구조건을 만족하지 못할 경우에는 현재 MAP 설치 개수로는 불가능한 상황을 의미하기 때문에, MAP 1개를 더 추가하여 앞선 제 1절의 과정부터 다시 현재 과정까지 다시 수행한다.

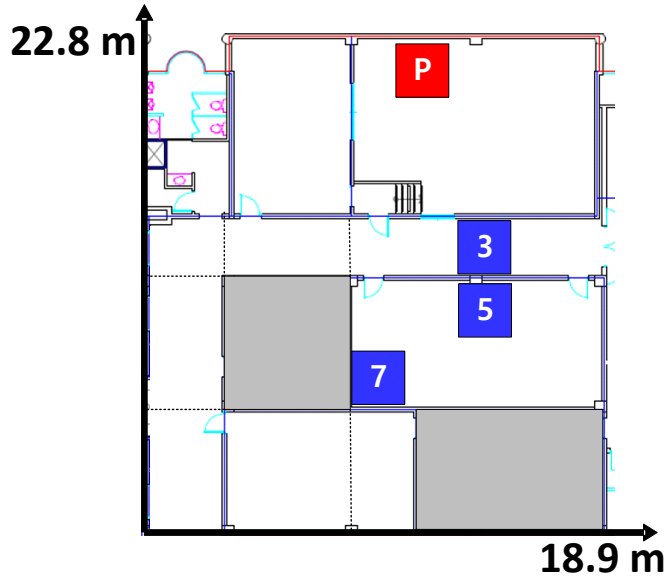


그림 12. 사용자의 최소 요구 조건을 고려한 최적 MAP 배치 위치

그림 12는 사용자의 최소 요구 조건을 고려한 최적 MAP 배치 위치를 나타낸 것으로 MAP 2대를 각각 5번 7번 위치에 배치하는 경우를 나타낸 것이다. 그림 11에 나타난 것처럼 사용자의 원하는 최저 해상도를 보장할 경우에 이전 그림 10에 나타난 것과 같은 위치에서 MAP 1대를 배치하는 것으로는 어떠한 경우에서도 사용자의 최저 해상도 요건을 만족시킬 수 없었기 때문에, 최적 MAP 배치 개수가 2대로 증가하였고, 그 가능한 위치 조합도 줄어든다.

제 3 절 네트워크 품질을 최대화하는 Mesh AP 배치

앞서 제2절에서 사용자가 요구하는 조건을 만족하도록 MAP를 최적 배치하는 기법에 대한 것을 다루었다. 앞선 그림 12에 따르면 <3,7> 위치와 <5,7>이 MAP의 최적 배치 위치가 될 수 있음을 알 수 있는데, 이와 같이 사용자의 최소 요구 조건 사항을 고려하더라도 여전히 여러 개의 해답이 도출되기 때문에 하나의 해답을 도출하여 최적으로 MAP를 배치하고자 마지막으로 네트워크 품질을 최대화하도록 Mesh AP를 배치하고자 한다.

앞선 제 2절에서 비디오 트래픽을 중점적으로 고려하여 배치하였으나, 실제 환경에서 스마트폰을 포함한 여러 스마트기기는 멀티태스킹을 지원하므로 비디오 트래픽만 고려해야 하는 것이 아니라 VoIP, Audio 등의 다양한 트래픽도 고려해야 한다. 따라서 사용자가 원하는 최소 조건을 만족했다 하더라도 다른 트래픽이 존재할 수 있으므로 전체적인 네트워크 품질을 향상시킬 필요가 있다. 네트워크 전체적인 네트워크 품질을 향상시키는 것은 전체적인 Network Throughput을 극대화하는 방향으로 진행하였다.

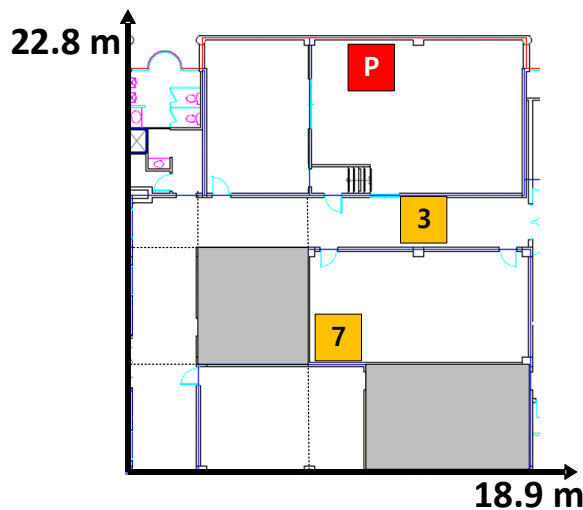


그림 13. 네트워크 품질을 최대화할 때의 최적 MAP 배치 위치

그림 13은 앞서 그림 12에서 가능한 최적 MAP 배치 위치들 중에서 네트워크 품질을 최대화하는 경우를 고려하여 최적 MAP 배치 위치를 찾아낸 것으로, 최종적으로 MAP 총 2대를 각각 3번위치, 7번위치에 설치할 때를 나타낸 것이다

제 4 장 Mesh AP 배치 기법 검증

앞서 제 3장에서는 Home 환경에서의 Mesh AP 최적 배치의 방법론을 제시하였고 시뮬레이션을 통하여 그 과정을 진행하였다. 이 장에서는 앞서 제 3장에서 제시한 방법을 이용하여 앞서 제안한 단계적으로 MATLAB 및 ns-3 시뮬레이션을 통하여 구한 최적 MAP 배치 위치가 실제 환경에서도 동일하게 최적 Mesh AP 배치 위치인지 실측을 통해 검증해보도록 한다.

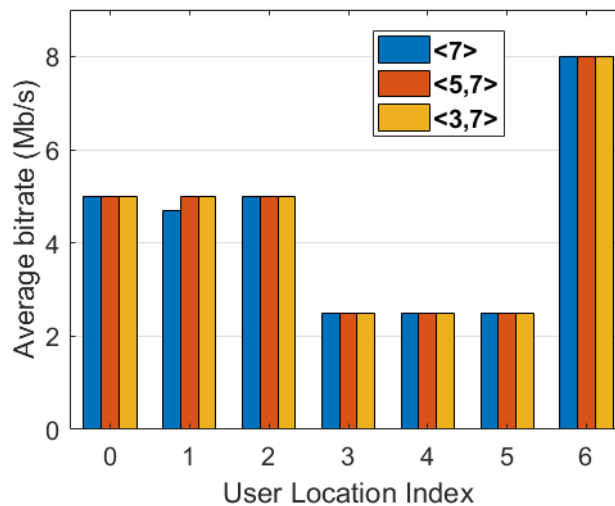


그림 14. 위치 별 Average bitrate

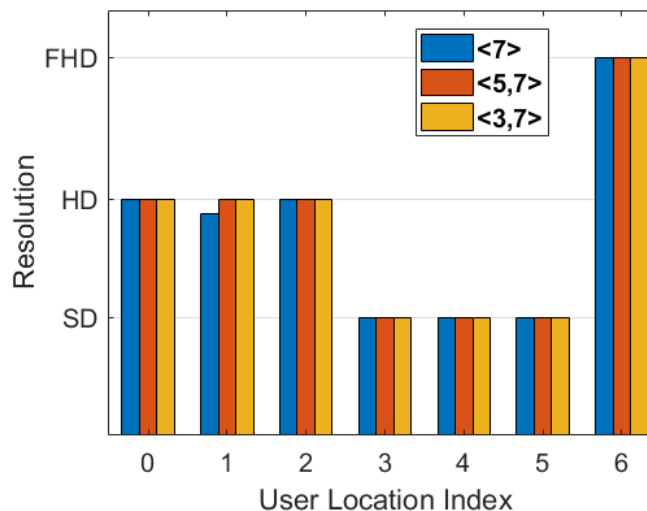


그림 15. 위치 별 Resolution 정보

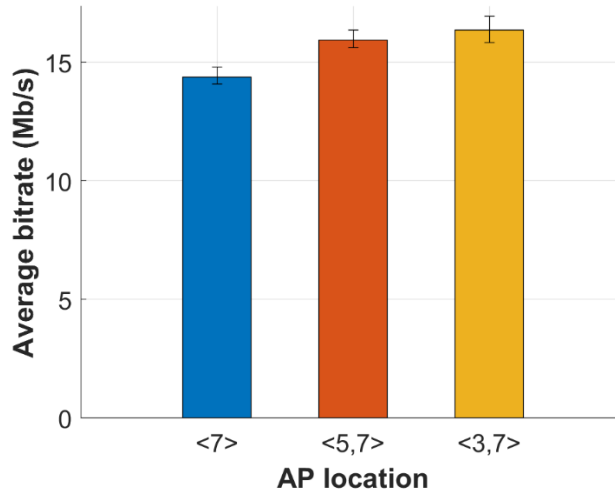


그림 16. 전체 네트워크의 Average bitrate

그림 14는 Location index에 해당하는 위치 별 평균 비트레이트에 대한 결과이고, 그림 15는 이를 해상도 정보로 변환하여 나타낸 것이다 [4]. 그림 14와 15에서 볼 수 있듯이 MAP를 7번 위치에만 배치한 경우 사용자 위치 1번에서 요구한 HD화질을 보장하지 못하는 것을 확인할 수 있다. 또한 그림 14, 16을 보아 MAP 2대를 각각 5번 7번 위치에 배치하였을 때 보다 3번 7번 위치에 배치하였을 때 앞서 시뮬레이션으로 도출한 결과와 동일하게 전체 네트워크에서의 평균 비트레이트가 높게 나오는 것을 확인할 수 있다.

제 5 장 결 론

본 논문에서는 간단한 실험을 통하여 Home 환경에서 MAP의 배치 위치에 따라 전체적인 Network의 성능이 달라짐을 확인하였고, 이에 따라 Home환경에서 Mesh AP의 최적 배치 기법을 제안하였다. 제안한 배치 기법은 사용자의 트래픽 패턴 및 위치 정보를 고려하였다. 배치 기법은 단계적으로 이루어지며 우선 MATLAB 시뮬레이션으로 WiFi dead-zone을 제거하는 방향으로 배치가 이루어지고 이후 사용자의 트래픽 패턴 및 위치 정보와 네트워크 품질을 ns-3 시뮬레이션을 통하여 고려하는 방식으로 이루어졌다. 제안한 배치 기법은 실측을 통하여 검증하였고, 시뮬레이션을 통한 결과가 실측에서도 크게 다르지 않음을 확인하였다.

참고 문헌

- [1] J. Camp and E. Knightly, "The IEEE 802.11s extended service set mesh networking standard," IEEE Commun. Mag., vol. 46, Aug. 2008.
- [2] J. Meinilä, P. Kyösti, T. Jämsä, and L. Hentilä, "WINNER II channel models," in Radio Technologies and Concepts for IMT-Advanced. Hoboken, NJ, USA: Wiley, 2009.
- [3] M. Narandzic, C. Schneider, R. S. Thoma, T. Jamsa, P. Kyosti, and X. Zhao, "Comparison of SCM, SCME, and WINNER channel models," in Proc. IEEE Vehicular Technology Conf., Apr. 2007, pp. 413–417.
- [4] YouTube website. <https://support.google.com/youtube/answer/1722171?hl=ko>.

Abstract

Optimal Placement of Mesh APs in Home Environment

Minseok Jang

Electrical and Computer Engineering

The Graduate School

Seoul National University

In this thesis, we present the optimal placement techniques of mesh APs in home environment. In the case of the previously proposed mesh APs deployment techniques, the location of the deployment is chosen without considering the user's location or traffic patterns. This causes the difference between the estimated optimum position and the actual optimum position by the AP placement technique. Also, in the case of the previously proposed deployment method, the office environment is mainly considered, and the home environment is not considered. Therefore, in this thesis, we propose a method to deploy the optimal mesh AP placement position step by step through MATLAB and ns-3 simulations in consideration of the user's location information and traffic pattern in the home environment.

Keywords : Mesh AP, AP optimal placement, home environment

Student Number : 2017-26301